

# ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ НОВУЮ КОРОНАВИРУСНУЮ ИНФЕКЦИЮ

Садовский И.С.<sup>1</sup>, Круглова О.С.<sup>2</sup>, Савченко А.А.<sup>1</sup>, Собко Е.А.<sup>2</sup>,  
Каспаров Э.В.<sup>1</sup>, Демко И.В.<sup>2</sup>, Борисов А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр “Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук”», г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, Россия

**Резюме.** Пандемия COVID-19, начавшаяся в декабре 2019 года, была вызвана новым коронавирусом SARS-CoV-2. SARS-CoV-2 представляет собой оболочечный вирус, содержащий геном одной положительной цепи и использующий ангиотензинпревращающий фермент 2 (ACE2) в качестве рецептора входа в клетку. Нацеленность SARS-CoV-2 на несколько тканей, экспрессирующих ACE2, объясняет мультифакториальность симптомов: лихорадка, сухой кашель, миалгия, усталость и одышка. Данная симптоматика не всегда прекращается после перенесенного COVID-19, и симптомы могут появиться вновь в течение 12 недель, что говорит о развитии постковидного синдрома (Post-COVID syndrome, Long COVID). Ввиду обширной симптоматики, коморбидности пациентов, клиническая диагностика постковидного синдрома затруднена. Целью исследования является выделение патогномоничных показателей биохимического анализа крови у реконвалесцентов, указывающих на развитие постковидного синдрома.

**Пациенты и дизайн исследования.** Было проведено ретроспективное обсервационное одномоментное исследование 373 историй болезни и амбулаторных карт больных, перенесших COVID-19 не более 12 недель назад. Исходное течение заболевания (болезнь) оценивалось с использованием шкалы клинического прогрессирования ВОЗ (WHO Clinical Progression Scale). Тяжесть постковидного синдрома (исход) оценивалась по шкале функционального состояния после COVID-19 (PCFS). Все исследуемые разделены на четыре группы, в наименовании которых отражена тяжесть COVID-19 и тяжесть постковидного состояния: 1-я группа «легкий COVID-19 / 0-2-й класс PCFS», 2-я группа «легкий COVID-19 / 3-4-й класс PCFS», 3-я группа «средний и тяжелый COVID-19 / 0-2-й класс

---

**Адрес для переписки:**

Садовский Иван Сергеевич  
Научно-исследовательский институт медицинских  
проблем Севера  
660022, Россия, г. Красноярск,  
ул. Партизана Железняка, 3г.  
Тел.: 8 (902) 011-57-15.  
E-mail: sadovskii24@rambler.ru

**Address for correspondence:**

Ivan S. Sadowski  
Research Institute of Medical Problems of the North  
3g Partizan Zhelezniak St.  
Krasnoyarsk  
660022 Russian Federation  
Phone: +7 (902) 011-57-15.  
E-mail: sadovskii24@rambler.ru

**Образец цитирования:**

И.С. Садовский, О.С. Круглова, А.А. Савченко,  
Е.А. Собко, Э.В. Каспаров, И.В. Демко, А.Г. Борисов  
«Особенности биохимического анализа крови у  
пациентов, перенесших новую коронавирусную  
инфекцию» // Российский иммунологический журнал,  
2025. Т. 28, № 2. С. 307-314.  
doi: 10.46235/1028-7221-17019-FOC

© Садовский И.С. и соавт., 2025

Эта статья распространяется по лицензии  
Creative Commons Attribution 4.0

**For citation:**

I.S. Sadowski, O.S. Kruglova, A.A. Savchenko, E.A. Sobko,  
E.V. Kasparov, I.V. Demko, A.G. Borisov “Features of  
clinical blood biochemistry in patients who have suffered a  
new coronavirus infection”, Russian Journal of Immunology/  
Rossiyskiy Immunologicheskii Zhurnal, 2025, Vol. 28, no. 2,  
pp. 307-314.  
doi: 10.46235/1028-7221-17019-FOC

© Sadowski I.S. et al., 2025

The article can be used under the Creative  
Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-17019-FOC

PCFS», 4-я группа «средний и тяжелый COVID-19 / 3-4-й класс PCFS». Выборку описывали путем вычисления медианы (Me) и межквартильного размаха в виде  $Q_1$  и  $Q_3$  ( $Q_{0.25}$ - $Q_{0.75}$ ). Достоверность различий между независимыми выборками оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни и t-критерия Стьюдента.

В биохимическом анализе крови уровень АЛТ в группе 1 был выше, чем в группах 2 и 4, а уровень АСТ во 2-й группе выше, чем в группах 1 и 3. Показатели уровня общего холестерина и ЛПНП не показали статистически достоверных различий между группами. Показатели креатинина в группе 3 выше, чем в группе 1, в группе 4 ниже, чем в других группах. Значительные различия наблюдались при качественной оценке CRP. Исследуемых с повышенным уровнем CRP в группах 2 и 4 было в 2-3 раза больше, чем в группе 1.

Минимальный биохимический профиль, включающий в себя оценку уровня трансаминаз и креатинина, качественную или количественную оценку С-реактивного белка, способен указать на развитие хронического воспаления. Пациентам данной группы необходимо пройти дополнительное обследование – общий анализ мочи и определение уровня альбумина в моче, динамический подсчет СКФ – для профилактики развития стойкого повреждения функции почек.

*Ключевые слова: постковидный синдром, креатинин, АЛТ, АСТ, С-реактивный белок, скорость клубочковой фильтрации, острое повреждение почек*

## FEATURES OF CLINICAL BLOOD BIOCHEMISTRY IN PATIENTS WHO HAVE SUFFERED A NEW CORONAVIRUS INFECTION

Sadowski I.S.<sup>a</sup>, Kruglova O.S.<sup>b</sup>, Savchenko A.A.<sup>a</sup>, Sobko E.A.<sup>b</sup>,  
Kasparov E.V.<sup>a</sup>, Demko I.V.<sup>b</sup>, Borisov A.G.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>b</sup> V. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Abstract.** COVID-19 pandemic, which began in December 2019, was caused by the new coronavirus SARS-CoV-2. SARS-CoV-2 is a shell virus containing a single positive chain genome and using angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) as a cell entry receptor. The targeting of SARS-CoV-2 on several tissues expressing ACE2 explains the multifactorial pattern of symptoms: fever, dry cough, myalgia, fatigue and shortness of breath. These symptoms do not always stop after COVID-19, and symptoms may reappear within 12 weeks, which indicates the development of post-COVID syndrome (long COVID). Due to the extensive symptoms and comorbidity of patients, the clinical diagnosis of post-COVID syndrome is difficult. The aim of the study is to identify pathognomonic indices of biochemical blood analysis in convalescents, indicating the development of post-COVID syndrome.

Patients and study design: a retrospective observational one-moment study of 373 case histories and outpatient records was conducted for the patients exposed to COVID-19 not later than 12 weeks ago. The initial course of the disease (disease) was assessed using the WHO Clinical Progression Scale. The severity of post-COVID syndrome (clinical outcomes) was assessed on the functional status scale after COVID-19 (PCFS). All subjects are divided into four groups, the names of which reflect the severity of COVID-19 and the severity of the post-ovoid condition: 1<sup>st</sup> group, “mild COVID-19 / 0-2 PCFS class”; 2<sup>nd</sup> group, “mild COVID-19 / 3-4 PCFS class”; 3<sup>rd</sup> group, “medium and severe COVID-19 / 0-2 PCFS class”; 4<sup>th</sup> group, “medium and severe COVID-19 / 3-4 PCFS class”. The sample was described by calculating the median (Me) values and interquartile range expressed as  $Q_1$  and  $Q_3$  ( $Q_{0.25}$ - $Q_{0.75}$ ). The reliability of the differences between independent samples was assessed with nonparametric Mann–Whitney U-test and the Student’s t-test.

Upon evaluation of clinical blood biochemistry, the alanine aminotransferase (ALT) level in group 1 was higher than in groups 2 and 4, the aspartate aminotrasferase (AST) level in group 2 was higher than in groups 1 and 3. The indexes of total cholesterol and LDL did not show statistically significant differences between

the groups. Creatinine levels in group 3 are higher than in group 1, being lower in group 4 than in other groups. Significant differences were observed upon qualitative assessment of C-reactive protein (CRP). There were 2-3 times more subjects with elevated CRP levels in groups 2 and 4 than in group 1.

A minimal biochemical profile, including an assessment of the level of transaminases and creatinine, a qualitative or quantitative assessment of C-reactive protein, may indicate development of chronic inflammation. Patients of this group need to undergo an additional examination, e.g., general urine analysis and determination of albumin level in urine, dynamic GFR calculation, in order to prevent the development of persistent renal impairment.

*Keywords: post-COVID syndrome, creatinine, ALT, AST, C-reactive protein, glomerular filtration rate, acute kidney injury*

## Введение

Пандемия COVID-19, начавшаяся в декабре 2019 года, была вызвана новым коронавирусом SARS-CoV-2. Он представляет собой оболочечный вирус, содержащий геном одной положительной цепи и использующий ангиотензин-превращающий фермент 2 (ACE2) в качестве рецептора входа в клетку [2, 3]. Нацеленность SARS-CoV-2 на несколько тканей, экспрессирующих ACE2, объясняет мультифакториальность симптомов: лихорадка, сухой кашель, миалгия, усталость и одышка [2, 9]. Данная симптоматика не всегда прекращается после перенесенного COVID-19, и симптомы могут появиться вновь в течение 12 недель. В данном случае мы говорим об особом состоянии, получившем название постковидный синдром, имеющий в своей основе хроническое воспаление (Post-COVID syndrome, PCS) [11, 12]. Кроме того, к настоящему времени сообщалось о таких клинических проявлениях, как выделение мокроты, головная боль, боль в животе, диарея, тошнота, рвота, головокружение, anosmia, дискинезия и нарушение функции печени и другие [10]. Развитие низкодифференцированного хронического воспаления приводит к изменению функций различных органов и систем [6]. Биохимический анализ крови – рутинный метод лабораторной диагностики, позволяющий оценить работу внутренних органов (печени, почек, поджелудочной железы, желчного пузыря и др.), выявить активный воспалительный и ревматический процессы, а также нарушение водно-солевого обмена и дисбаланс микроэлементов [14]. Данный анализ, включающий в себя определение уровней общего холестерина и ЛПНП, АЛТ и АСТ, креатинина и качественную оценку С-реактивного белка (CRP), доступен повсеместно, так как входит в перечень углубленной диспансеризации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию.

**Целью исследования** является выделение патогномичных показателей биохимического

анализа крови у реконвалесцентов, указывающих на развитие постковидного синдрома.

## Материалы и методы

Все исследования были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» и Правилами клинической практики в Российской Федерации. Исследования одобрены на заседании этического комитета НИИ медицинских проблем Севера обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН.

### Пациенты и дизайн исследования

Было проведено ретроспективное обсервационное одномоментное исследование 373 историй болезни и амбулаторных карт больных, перенесших COVID-19 от 8 до 12 недель назад. Исходное течение заболевания (болезнь) оценивалось с использованием шкалы клинического прогрессирования ВОЗ (WHO Clinical Progression Scale), от 0 до 3 баллов – легкая степень тяжести, от 4 до 5 баллов – средняя степень тяжести, от 6 до 9 баллов – тяжелая степень [15]. Тяжесть постковидного синдрома (исход) оценивалась по шкале функционального состояния после COVID-19 (PCFS), где 0-й класс – отсутствие функциональных ограничений, 1-й класс – незначительные функциональные ограничения, 2-й класс – небольшие функциональные ограничения, 3-й класс – умеренные функциональные ограничения, 4-й класс – серьезные функциональные ограничения [5]. Все исследуемые разделены на четыре группы, в наименовании которых отражена тяжесть COVID-19 и тяжесть постковидного состояния: 1-я группа «легкий COVID-19 / 0-2-й класс PCFS», 2-я группа «легкий COVID-19 / 3-4-й класс PCFS», 3-я группа «средний и тяжелый COVID-19 / 0-2-й класс PCFS», 4-я группа «средний и тяжелый COVID-19 / 3-4-й класс PCFS». Клинико-демографическая характеристика исследуемых представлена в таблице 1.

**ТАБЛИЦА 1. ВОЗРАСТНАЯ И ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ НАРУШЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА**

TABLE 1. AGE AND GENDER STRUCTURE OF PATIENTS DEPENDING ON THE DEGREE OF FUNCTIONAL STATUS DISORDERS

Показатели Indicators	Группа 1 легкий COVID-19 / 0-2-й класс PCFS Group 1 mild COVID-19 / 0-2 class PCFS n = 229	Группа 2 легкий COVID-19 / 3-4-й класс PCFS Group 2 mild COVID-19 / 3-4 class PCFS n = 64	Группа 3 средний и тяжелый COVID-19 / 0-2- й класс PCFS Group 3 moderate and severe COVID-19 / 0-2 class PCFS n = 22	Группа 4 средний и тяжелый COVID-19 / 3-4- й класс PCFS Group 4 moderate and severe COVID-19 / 3-4 class PCFS n = 58
<b>Половая структура</b> Sex structure				
<b>Мужчины</b> Men	45 / 20%	12 / 19%	5 / 23%	19 / 37%
<b>Возрастная группа</b> Age group				
<b>&lt; 45 лет, человек</b> Under 45 years old, people	< 45	86 / 38%	9 / 14%	3 / 14%
<b>45-59 лет, человек</b> From 45 to 59 years old, people	45-59	75 / 33%	24 / 38%	4 / 18%
<b>≥ 60 лет, человек</b> Over 60 years old, people	≥ 60	68 / 29%	31 / 48%	15 / 68%
<b>Средний возраст, лет</b> Average age, years	50 40-62	59 50-65	62 58-66	63 55-69

Примечание. n (%) – абсолютные и относительные показатели данных обследованных больных.

Note. n (%), absolute and relative indicators of these examined patients.

### Статистическая обработка

Выборку описывали путем вычисления медианы (Me) и межквартильного размаха ( $Q_{0,25}-Q_{0,75}$ ). Достоверность различий между независимыми выборками оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Достоверность различий между качественными показателями определяли по критерию  $\chi^2$ . Статистический анализ данных проводился с использованием прикладного программного обеспечения Statistica 8.0 (StatSoft, Tulsa, OK, США; 2007 г.).

### Результаты и обсуждение

Данные биохимического анализа крови представлены в таблице 2. Показатели уровня общего холестерина и ЛПНП не показали статистически достоверных различий между груп-

пами. Уровень АЛТ в группе 1 (18 (13-27) Ед/л) был выше, чем в группах 2 (21 (16-32) Ед/л) и 4 (21 (16-33) Ед/л), а уровень АСТ во 2-й группе (23 (19-30) Ед/л) выше, чем в группах 1 (19 (16-25) Ед/л) и 3 (21 (17-23) Ед/л). Уровень креатинина в группе 3 (100 (93-107) мкмоль/л) выше, чем в группе 1 (90 (80-100) мкмоль/л), в группе 4 (86 (74-96) мкмоль/л) ниже, чем во 2-й (93 (79-102) мкмоль/л) и остальных группах. Эти показатели находятся в пределах референсных значений, но при этом показывают статистически достоверные различия. Клетки почек, ввиду большого количества рецепторов ACE2 и CD26 на своей поверхности, являются одной из основных целей SARS-CoV-2 [7]. Характерным начальным признаком развития хронической болезни почек является повышение скорости клубочковой фильтрации (СКФ), поэтому относительное снижение уровня креатинина ниже

**ТАБЛИЦА 2. ПОКАЗАТЕЛИ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДА НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ**

TABLE 2. INDICATORS OF BIOCHEMICAL BLOOD ANALYSIS IN PATIENTS DEPENDING ON THE OUTCOME OF THE NEW CORONAVIRUS INFECTION

Показатели Indicators	Группа 1 легкий COVID-19 / 0-2-й класс PCFS Group 1 mild COVID-19 / 0-2 class PCFS n = 229	Группа 2 легкий COVID-19 / 3-4-й класс PCFS Group 2 mild COVID-19 / 3-4 class PCFS n = 64	Группа 3 средний и тяжелый COVID-19 / 0-2-й класс PCFS Group 3 moderate and severe COVID-19 / 0-2 class PCFS n = 22	Группа 4 средний и тяжелый COVID-19 / 3-4-й класс PCFS Group 4 moderate and severe COVID-19 / 3-4 class PCFS n = 58
АЛТ ALT	18,10 (13,00-26,80)	21,40* (16,05-31,53)	19,75 (13,40-26,00)	20,85# (15,70-32,90)
АСТ AST	19,20 (15,80-24,60)	22,85* (18,60-29,53)	20,50* (16,88-22,85)	21,85 (16,68-29,55)
Креатинин Creatinine	90,00 (80,00-100,00)	93,00 (79,00-102,00)	100,00* (92,25-107,75)	85,50#*□ (74,25-96,00)
СРБ CRP	32 / 13,97%	18* / 28,12%	4 / 18,18%	20# / 34,48%

Примечание. \* – достоверность отличия показателей группы 1 от группы 2,  $p < 0,05$ ; # – достоверность отличия показателей группы 1 от группы 3,  $p < 0,05$ ; # – достоверность отличия показателей группы 1 от группы 4,  $p < 0,05$ ; \* – достоверность отличия показателей группы 2 от группы 3,  $p < 0,05$ ; \* – достоверность отличия показателей группы 2 от группы 4,  $p < 0,05$ ; # – достоверность отличия показателей группы 3 от группы 4,  $p < 0,05$ . n (%) – абсолютные и относительные показатели данных у обследованных больных.

Note. \*, reliability of the difference between the indicators of group 1 and group 2,  $p < 0.05$ ; #, reliability of the difference between the indicators of group 1 and group 3,  $p < 0.05$ ; #, reliability of the difference between the indicators of group 1 and group 4,  $p < 0.05$ ; \*, reliability of the difference between the indicators of group 2 and group 3,  $p < 0.05$ ; \*, reliability of the difference between the indicators of group 2 and group 4,  $p < 0.05$ ; #, reliability of the difference between the indicators of group 3 and group 4,  $p < 0.05$ . n (%), absolute and relative indicators of these examined patients.

80 ммоль/л в крови может являться признаком развития подострого COVID-19. Подтверждением патологии будет рост микроальбуминурии. Значительные различия наблюдались при качественной оценке CRP. Повышение уровня CRP в группе 2 (28,13% исследуемых, 32 человека из 64) и группе 4 (34,48% исследуемых, 20 человек из 58) было значительно выше, чем в группе 1 (13,97% исследуемых, 32 человека из 229). Во множестве работ отмечается стойкая связь между повышением уровня CRP и развитием постковидного синдрома [4, 13]. В работе, изучающей хроническое воспаление у пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию, количество нейтрофилов, NLR, CRP и фибриноген показали наилучшую корреляцию с PCS и были выбраны для разработки показателей [6]. Авторы систематического обзора и мета-анализа более 20 биомаркеров воспаления сосудов при PCS сообщают, что более высокие уровни CRP (стандартизованная средняя разница (SMD) = 0,20; 95%

ДИ: 0,02-0,39), D-димера (SMD = 0,27; 95% ДИ: 0,09-0,46), лактатдегидрогеназы (SMD = 0,30; 95% ДИ: 0,05-0,54) и лейкоцитов (SMD = 0,34; 95% ДИ: 0,02-0,66) были выявлены у пациентов с симптомами PCS, в сравнении с теми, у кого PCS не развился [14].

## Заключение

Острое повреждение почечных канальцев является наиболее частой находкой при аутопсийных исследованиях, что говорит об исключительной важности диагностики повреждений почек при COVID-19 [8]. При этом показатели биохимического анализа крови большинства пациентов с PCS находятся в пределах референсных значений, показывая статистически достоверные различия между группами – у пациентов с развитием PCS уровень креатинина находится на нижней границе нормы, а уровень аминотрансфераз стремится к верхней границе. Снижение уровня креатинина в динамике может свидетельствовать

о повреждении почечных канальцев. Качественная оценка уровня С-реактивного белка оказалась наиболее показательным критерием – повышение CRP выше 5 мг/л у пациентов с PCS наблюдалось в 2-3 раза чаще, чем у пациентов без серьезных функциональных нарушений.

Минимальный биохимический профиль, включающий в себя оценку уровня трансаминаз и

креатинина, качественную или количественную оценку С-реактивного белка, способен указать на развитие хронического воспаления. Пациентам данной группы необходимо пройти дополнительное обследование – общий анализ мочи и определение уровня альбумина в моче, динамический подсчет СКФ – для профилактики развития стойкого повреждения функции почек.

## Список литературы / References

1. Нагорных А.М., Тюменцев А.И., Тюменцева М.А., Акимкин В.Г. SARS, снова SARS и MERS. Обзор животных моделей респираторных синдромов человека, вызываемых коронавирусами // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 2020. Т. 97, № 5. С. 431-444. [Nagornykh A.M., Tyumentsev A.I., Tyumentseva M.A., Akimkin V.G. SARS, SARS and MERS again. An overview of animal models of human respiratory syndromes caused by coronavirus infections. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2020, Vol. 97, no. 5, pp. 431-444. (In Russ.)]
2. Орлова Н.В., Никифоров В.В. Комплексный подход к дифференциальной диагностике синдромов и симптомов COVID-19 // Эпидемиология и инфекционные болезни, 2021. Т. 26, № 2. С. 44-56. [Orlova N.V., Nikiforov V.V. An integrated approach to the differential diagnosis of syndromes and symptoms of COVID-19. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni = Epidemiology and Infectious Diseases*, 2021, Vol. 26, no. 2, pp. 44-56. (In Russ.)]
3. Шатунова П.О., Быков А.С., Свитич О.А., Зверев В.В. Ангиотензинпревращающий фермент 2. Подходы к патогенетической терапии COVID-19 // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 2020. Т. 97, № 4. С. 339-345. [Shatunova P.O., Bykov A.S., Svitich O.A., Zverev V.V. Angiotensin converting enzyme 2. Approaches to pathogenetic therapy COVID-19. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2020, Vol. 97, no. 4, pp. 339-345. (In Russ.)]
4. Elseidy S.A., Awad A.K., Vorla M., Fatima A., Elbadawy M.A., Mandal D., Mohamad T. Cardiovascular complications in the Post-Acute COVID-19 syndrome (PACS). *Int. J. Cardiol. Heart Vasc.*, 2022, Vol. 40, 101012. doi: 10.1016/j.ijcha.2022.101012.
5. Klok F.A., Boon G.J.A.M., Barco S., Endres M., Geelhoed J.J.M., Knauss S., Rezek S.A., Spruit M.A., Vehreschild J., Siegerink B. The Post-COVID-19 Functional Status scale: a tool to measure functional status over time after COVID-19. *Eur. Respir. J.*, 2020, Vol. 56, no. 1, pp. 1-3.
6. Maamar M., Artime A., Pariente E., Fierro P., Ruiz Y., Gutiérrez S., Tobalina M., Díaz-Salazar S., Ramos C., Olmos J.M., Hernández J.L. Post-COVID-19 syndrome, low-grade inflammation and inflammatory markers: a cross-sectional study. *Curr. Med. Res. Opin.*, 2022, Vol. 38, no. 6, pp. 901-909.
7. Motavalli R., Abdelbasset W.K., Rahman H.S., Achmad M.H., Sergeevna N.K., Zekiy A.O., Adili A., Khiavi F.M., Marofi F., Yousefi M., Ghoreishizadeh S., Shomali N., Etemadi J., Jarahian M. The lethal internal face of the coronaviruses: Kidney tropism of the SARS, MERS, and COVID19 viruses. *IUBMB Life*, 2021, Vol. 73, no. 8, pp. 1005-1015.
8. Ng J.H., Bijol V., Sparks M.A., Sise M.E., Izzedine H., Jhaveri K.D. Pathophysiology and pathology of acute kidney injury in patients with COVID-19. *Adv. Chronic Kidney Dis.*, 2020, Vol. 27, no. 5, pp. 365-376.
9. Oronsky B., Larson C., Hammond T.C., Oronsky A., Kesari S., Lybeck M., Reid T.R. A review of persistent post-COVID syndrome (PPCS). *Clin. Rev. Allergy Immunol.*, 2023, Vol. 64, no. 1, pp. 66-74.
10. Patnaik U.J. Review article on COVID-19 and Guillain-Barré syndrome. *Front. Biosci. (Schol. Ed.)*, 2021, Vol. 13, no. 1, pp. 97-104.
11. Savchenko A.A., Kudryavtsev I.V., Isakov D.V., Sadowski I.S., Belenyuk V.D., Borisov A.G. Recombinant human interleukin-2 Corrects NK cell phenotype and functional activity in patients with post-COVID syndrome. *Pharmaceuticals (Basel)*, 2023, Vol. 16, no. 4, 537. doi: 10.3390/ph16040537.
12. Savchenko A.A., Tikhonova E., Kudryavtsev I., Kudlay D., Korsunsky I., Beleniuk V., Borisov A. TREC/KREC levels and T and B lymphocyte subpopulations in COVID-19 patients at different stages of the disease. *Viruses*, 2022, Vol. 14, no. 3, 646. doi: 10.3390/v14030646.

13. Yong S.J. Long COVID or post-COVID-19 syndrome: putative pathophysiology, risk factors, and treatments. *Infect. Dis. (Lond.)*, 2021, Vol. 53, no. 10, pp. 737-754.
14. Yong S.J., Halim A., Halim M., Liu S., Aljeldah M., Al Shammari B.R., Alwarthan S., Alhajri M., Alawfi A., Alshengeti A., Khamis F., Alsalman J., Alshukairi A.N., Abukhamis N.A., Almaghrabi F.S., Almuthree S.A., Alsulaiman A.M., Alshehail B.M., Alfaraj A.H., Alhawaj S.A., Mohapatra R.K., Rabaan A.A. Inflammatory and vascular biomarkers in post-COVID-19 syndrome: A systematic review and meta-analysis of over 20 biomarkers. *Rev. Med. Virol.*, 2023, Vol. 33, no. 2, e2424. doi: 10.1002/rmv.2424.
15. WHO Working Group on the Clinical Characterisation and Management of COVID-19 infection. A minimal common outcome measure set for COVID-19 clinical research. *Lancet Infect. Dis.*, 2020, Vol. 20, no. 8, pp. e192-e197. Epub 2020 Jun 12. Erratum in: *Lancet Infect. Dis.*, 2020, Vol. 20, no. 10, e250.

---

**Авторы:**

**Садовский И.С.** — аспирант, младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера — обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»», г. Красноярск, Россия

**Круглова О.С.** — аспирант кафедры госпитальной терапии и иммунологии с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, Россия

**Савченко А.А.** — д.м.н., профессор, заведующий лабораторией клеточно-молекулярной физиологии и патологии, Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера — обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»», г. Красноярск, Россия

**Собко Е.А.** — д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии и иммунологии с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, Россия

**Authors:**

**Sadowski I.S.**, Postgraduate Student, Junior Research Associate, Cellular-Molecular Physiology and Pathology Laboratory, Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Kruglova O.S.**, Postgraduate Student, Department of Hospital Therapy and Immunology with the Course of PE, V. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Savchenko A.A.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Head, Cellular-Molecular Physiology and Pathology Laboratory, Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Sobko E.A.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Department of Hospital Therapy and Immunology with the Course of PE, V. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Каспаров Э.В.** — д.м.н., профессор, директор Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера — обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия

**Демко И.В.** — д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии и иммунологии с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения РФ, г. Красноярск, Россия

**Борисов А.Г.** — к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории клеточно-молекулярной физиологии и патологии, Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера — обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия

**Kasparov E.V.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Director, Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Demko I.V.**, PhD, MD (Medicine), Professor, Department of Hospital Therapy and Immunology with the Course of PE, V. Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russian Federation

**Borisov A.G.**, PhD (Medicine), Leading Research Associate, Cellular-Molecular Physiology and Pathology Laboratory, Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Research Center, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russian Federation

---

Поступила 02.08.2024  
Принята к печати 06.08.2024

---

Received 02.08.2024  
Accepted 06.08.2024